

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **59-023081**  
(43)Date of publication of application : **06.02.1984**

(51)Int.CI.

**F02P 23/04**

(21)Application number : **57-132816**  
(22)Date of filing : **29.07.1982**

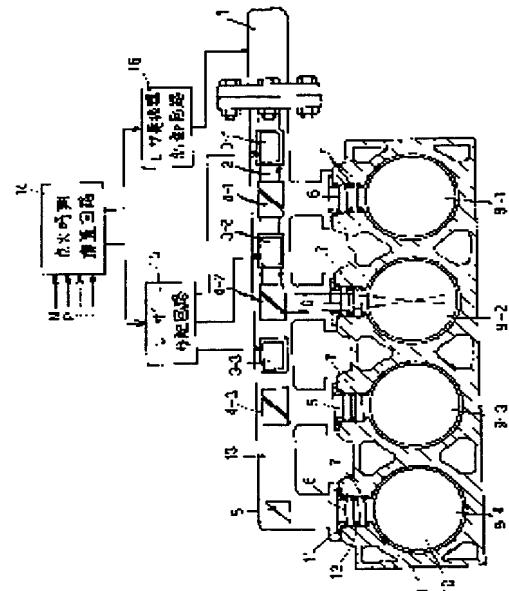
(71)Applicant : **NIPPON DENSO CO LTD**  
(72)Inventor : **GOTO TSUKASA  
MIZUNO TORU  
IZUMI TETSUYA**

## (54) LASER IGNITING APPARATUS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable to distribute laser beam to a plurality of cylinders with high accuracy and with ease, by distributing the laser beam to the cylinders by changing the travelling direction of the laser beam by means of a beam deflector corresponding to a cylinder to be ignited, and thereby making it unnecessary, for instance, to distribute the laser beam by turning a mirror or the like with high accuracy.

**CONSTITUTION:** An apparatus of this invention comprises elements 3-1W3-3 which turn the plane of polarization of laser beam 2, 90 degrees by electric-optical effect. The laser beam 2 energized at the ignition timing of a plurality of cylinders 9-1W9-4 is emitted to a plurality of beam deflectors with elements 4-1W4-3 which transmit or reflect the laser beam 2 by means of the elements 3-1W3-3 according to the beam deflecting direction, and the laser beam 2 is directed to a combustion chamber of the cylinder to be ignited by the mating beam deflector which is controlled by a laser distributing circuit 15. With such an arrangement, it is made unnecessary to distribute the laser beam 2 by turning a mirror or a prism with high accuracy or by bending an optical fiber over a large angle, so that the laser beam can be distributed to a plurality of cylinders with high accuracy and with ease.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 44 05 769 A 1

(51) Int. Cl. 6:  
**F 02 B 47/00**  
F 02 M 25/00  
F 01 M 9/00  
F 02 D 19/10  
F 01 N 3/28  
F 02 P 23/00  
F 02 P 21/00  
F 02 P 23/04  
B 01 D 53/86  
C 07 D 487/18  
B 01 J 27/20  
B 01 J 31/02  
// C01B 31/00, C10M  
101/02, C10L 1/16

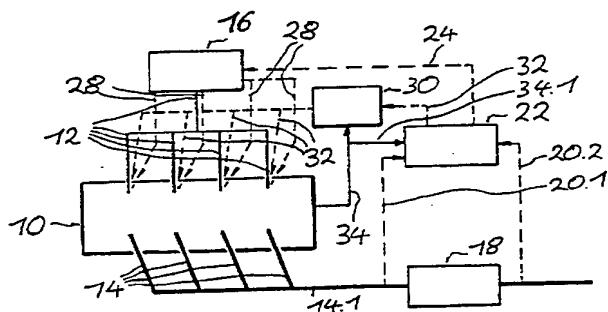
(71) Anmelder:  
Keesmann, Till, 69115 Heidelberg, DE

(74) Vertreter:  
Müller, H., Dipl.-Ing.; Clemens, G., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 74074 Heilbronn

(72) Erfinder:  
Keesmann, Till, 69115 Heidelberg, DE; Große-Wilde,  
Hubert, Dr., 91077 Neunkirchen, DE

(54) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

(57) Ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem angesaugte Luft zumindest einem Verbrennungsraum zugeführt wird, die angesaugte Luft mit Kraftstoff zur Bildung eines Kraftstoff-/Luftgemisches vermischt wird, die Antriebsenergie für das Betreiben der Brennkraftmaschine durch Verbrennen des Kraftstoff-/Luftgemisches in dem Verbrennungsraum mit einer vorgebbaren Taktfrequenz erzeugt wird, das durch die Verbrennung gebildete Abgas ausgestoßen wird, zeichnet sich dadurch aus, daß der angesaugten Luft und/oder dem Kraftstoff-/Luftgemisch und/oder dem Abgas offene oder geschlossene Käfigmoleküle, bevorzugt Fullerene, Fullerenderivate, Fullerite, Heterofulleren, Heterofullererenderivate, Fullerenfragmente und/oder Heterofullerenfragmentederivate zugeführt werden. Ein derartiges Verfahren gewährleistet einen geringen Kraftstoffverbrauch und vermindert den Schadstoffausstoß.



## Beschreibung

## Technisches Gebiet

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem angesaugte Luft zumindest einem Verbrennungsraum zugeführt wird, die angesaugte Luft mit Kraftstoff zur Bildung eines Kraftstoff-/Luftgemisches vermischt wird, die Antriebsenergie für das Betreiben der Brennkraftmaschine durch Verbrennen des Kraftstoff-/Luftgemisches in dem Verbrennungsraum mit einer vorgebbaren Taktfrequenz erzeugt wird, das durch die Verbrennung gebildete Abgas ausgestoßen wird.

10 Bei Brennkraftmaschinen wird angestrebt, einerseits einen geringen Kraftstoffverbrauch zu verwirklichen und andererseits in jedem Betriebszustand der Brennkraftmaschine einen möglichst geringen Schadstoffausstoß zu gewährleisten. Gleichzeitig soll die Leistung der Brennkraftmaschine in jedem Betriebszustand noch ausreichend sein.

## 15 Stand der Technik

Es sind sogenannte Additive bekannt, die dem Kraftstoff zugesetzt werden, um das Betreiben einer Brennkraftmaschine zu verbessern. Beispielhaft seien hier Antiklopfmittel, Antipreignitions-Additive oder Additive zur Vergaserreinigung genannt.

20 In der US 5 234 474 ist beschrieben, dem Kraftstoff Fullerite oder eine Mischung aus Fulleriten zuzusetzen, wobei diese Fullerite in einer derartigen Menge zugesetzt werden, daß sie einen gewissen Schmiereffekt gewährleisten sollen. Dieser mit den Fulleriten vermischte Kraftstoff ist für den Einsatz innerhalb einer Zwei-Takt-Brennkraftmaschine vorgesehen.

## 25 Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem bzw. die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art anzugeben, das einen geringen Kraftstoffverbrauch und einen geringen Schadstoffausstoß bei Aufrechterhaltung einer möglichst hohen Leistung ermöglicht und gleichzeitig in konstruktiver Art und Weise einfach und wirtschaftlich verwirklicht werden kann.

30 Das erfundungsgemäße Verfahren ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 gegeben. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfundungsgemäße Verfahren zeichnet sich dementsprechend dadurch aus, daß der angesaugten Luft und/oder dem Kraftstoff-/Luftgemisch und/oder dem Abgas offene oder geschlossene Käfigmoleküle, bevorzugt Fullerene, Fullerenderivate, Fullerite, Heterofullerene, Heterofullerenderivate, Fullerengerüft- und/oder Heterofullerenfragmentderivate zugeführt werden.

35 Eine bevorzugte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, daß die Zuführung der Käfigmoleküle in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine, insbesondere Temperatur, Drehzahl, Drosselklappenstellung und/oder den Signalen einer im Abgasstrom vorhandenen Katalysatoreinrichtung, bevorzugt mit einer Lambda-Sonde, steuerbar/regelbar ist. Durch die Steuerung bzw. Regelung der Zuführung und Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine ist es beispielsweise möglich, bei betriebswarmem Motor und bei niederen Drehzahlen keine Käfigmoleküle zuzuführen, während hingegen bei hohen Drehzahlen oder bei Vollast eine verstärkte Zuführung erfolgt. Darüberhinaus kann die dosierte Zuführung in der Kaltstartphase, die 40 hinsichtlich des Schadstoffausstoßes am problematischsten ist, gezielt zugeführt werden, so daß sich eine Reduzierung der Schadstoffausstoßwerte erreichen läßt.

45 Ein wesentlicher Gedanke der vorliegenden Erfindung ist es, verbrennungsfördernde und/oder abgasminimierende Additive in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine zu zuführen. Diese Additive können bevorzugt Käfigmoleküle der o.g. Art sein.

50 Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren können Motorsteuergrößen (z. B. Kraftstoffmenge/Zündpunkt) gegenüber dem Stand der Technik besser auf die Zielgrößen "geringer Verbrauch" und "minimaler Schadstoffausstoß" optimiert werden, weil eine zusätzliche Steuergröße zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft läßt sich das erfundungsgemäße Verfahren für das Konzept des Magermotors einsetzen.

55 Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß die Temperatur der zugeführten Käfigmoleküle und/oder des zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches und/oder der angesaugten Luft in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine steuerbar ist. Erfundungsgemäß kann bevorzugt in der Kaltstartphase die Temperatur der zugeführten Käfigmoleküle erhöht werden, was zu günstigeren Eigenschaften und geringerem Schadstoffausstoß führt.

60 Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfundungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß die Käfigmoleküle direkt dem zumindest einen Verbrennungsraum zugeführt werden. Brennkraftmaschinen weisen üblicherweise mehrere Verbrennungsräume auf, die im wesentlichen jeweils durch einen Zylinder und einen in dem Zylinder verschiebbaren Kolben gebildet werden. In diesem Falle erfolgt die Zugabe zylinderselektiv. Dies hat zum Vorteil, daß jeder Zylinder einzeln auf den optimalen Betriebszustand eingestellt werden kann, wobei zur optimalen Regelung bzw. Steuerung der Einsatz entsprechender zylinderselektiver Sensoren vorteilhaft ist.

65 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, daß die Käfigmoleküle indirekt, d. h., bevorzugt über eine vorgeschaltete Vorkammer, dem zumindest einen Verbrennungsraum zugeführt werden. In der Vorkammer kann für eine intensive Mischung bzw. Verwirbelung der Käfigmoleküle mit dem Kraftstoff-

/Luftgemisch verwirklicht werden, was eine verbrennungsfördernde Wirkung nach sich zieht.

Die Käfigmoleküle können in festem oder gasförmigen Zustand oder in einem Lösungsmittel in gelöster Form hin zugegeben werden. Insbesondere ist die Zugabe der Käfigmoleküle in Form eines Aerosols oder in Form einer Suspension möglich.

Eine bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß den Käfigmolekülen bekannte Kraftstoffadditive zugefügt sind, deren Anbindung an das Käfigmolekül bevorzugt durch Anlagerung und/oder Dotierung und/oder Einlagerung und/oder Beimischung gegeben ist oder auf chemischem Weg erfolgt. Als Kraftstoffadditive können hierbei bekannte Additive wie beispielsweise Bleialkyde, aromatische Amine oder sauerstoffhaltige Verbindungen, insbesondere Methanol, Äthan, Äther usw. gebildet werden. Darüberhinaus kommen als Additive Phosphor- oder Bor-Verbindungen in Betracht. Schließlich können noch Additive eingesetzt werden, die O- und/oder OH-Radikale bilden oder abspalten, was sich besonders günstig hinsichtlich der Vermeidung der Bildung von Rußpartikeln im Abgas auswirkt.

Um die Verbrennung im jeweiligen Verbrennungsraum optimal zu gestalten, ist es nach einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, die Käfigmoleküle zusammen mit einem oder mehreren der genannten Additive zumindest während eines Verbrennungstaktes zeitgesteuert in einer vorgebaren, variablen Gewichts- oder Volumenmenge zuzuführen. Eine besonders erfindungswesentliche Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der eine im Abgasstrom der Brennkraftmaschine vorhandene Katalysatoreinrichtung eingesetzt wird, zeichnet sich dadurch aus, daß das Abgas der Oberfläche der Katalysatoreinrichtung ausgesetzt wird, wobei die Katalysatoreinrichtung zumindest bereichsweise mit Käfigmolekülen versehen ist, die in der Lage sind, die Abgaskomponenten Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und/oder Rußpartikel zu binden und/oder zu spalten und/oder zu oxidieren, vorzugsweise in Gegenwart eines Katalysatormaterials.

Um das Verfahren hinsichtlich der Steuerung bzw. Regelung der Brennkraftmaschine zu optimieren, hat es sich als günstig herausgestellt, eine Ionenmessung im Verbrennungsraum und/oder vor und/oder nach der Katalysatoreinrichtung im Abgasstrom vorzunehmen, wobei deren Meßergebnisse zur Regelung der Zusammensetzung des Kraftstoff-/Luftgemisches und/oder der Dosierung der Käfigmoleküle eingesetzt werden.

Eine hinsichtlich eines optimalen Verbrennungsvorgangs besonders günstige Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, daß taktweise ein Lichtbogen außerhalb des zumindest einen Verbrennungsraumes erzeugt wird, der im wesentlichen quer zu seiner Längsrichtung durch eine Öffnung in den Verbrennungsraum hinein umgelenkt wird, wodurch im Verbrennungsraum ein flammenartiger Lichtbogenbereich entsteht. Durch die Ausbildung dieses flammenartigen Lichtbogenbereiches werden optimale Zündbedingungen innerhalb der Verbrennungskammer gewährleistet. Die Umlenkung des Lichtbogens kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß quer zum Lichtbogenverlauf ein Rohrteilstück einseitig vorhanden ist oder zusätzlich der Lichtbogen in einer bogenförmigen Führungsvorrichtung erzeugt wird, wobei die Öffnung bevorzugt im Scheitelpunkt des Bogens angeordnet ist.

Die bereichsweise Umlenkung des Lichtbogens kann auch mittels magnetischer oder elektrischer Kräfte erfolgen.

Nach einem weiteren erfindungswesentlichen Merkmal der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren eingesetzt, bei dem auf den Einsatz einer üblichen Zündeinrichtung verzichtet wird und dem zumindest einen Verbrennungsraum taktweise ein chemisches Zündmittel zugeführt, bevorzugt eingespritzt, wird, dessen Zugabe-Menge/Volumen/Zeit bevorzugt in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine erfolgt. Dies hat die vorteilhafte Folge, daß die Verbrennung des Kraftstoff-/Luftgemisches nicht nur wie üblicherweise an der Zündeinrichtung ansetzt, sondern überall dort, wo das chemische Zündmittel eingespritzt wird, was bevorzugt über zumindest eine Einspritzdüse erfolgen kann, so daß sich ein kegelförmiger Einspritzbereich ergibt. Besonders vorteilhaft wird die Einspritzung des chemischen Zündmittels so gestaltet, daß sich eine Art Kegelmantel ausbildet, so daß auch eine Zündung im Bereich des peripheren Ringspaltes des üblichen Verbrennungsraumes mit Zylinder und Kolben erfolgt, was sich besonders günstig hinsichtlich des Schadstoffausstoßes auswirkt.

Die Zündung erfolgt bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren ähnlich wie bei einem Verfahren einer Dieselmotoren-Brennkraftmaschine, wobei das Zündmittel in den Brennraum zum Zeitpunkt des oberen Totpunktes oder kurz vorher bevorzugt eingespritzt wird. Hierbei kann bevorzugt eine Hochdruckeinspritzeinrichtung eingesetzt werden, die eine geringe Einspritzmenge und einen konstruktiv einfachen Aufbau aufweist.

Als chemische Zündmittel kommen Oxidationsmittel in Betracht, die heftig mit Kohlenwasserstoff reagieren oder pyrotechnische Substanzen, die sich bei höheren Temperaturen und der Entspannung beim Einspritzen von selbst zerlegen.

Ein weiteres erfindungswesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß auf den Einsatz einer elektrischen Zündeinrichtung verzichtet wird und die Verbrennung in dem zumindest einen Verbrennungsraum taktweise durch einen intensiven Laserimpuls eingeleitet wird, der in den Brennraum fokussiert wird. Die optische Energie des Laserimpulses liegt vorzugsweise zwischen 0,1 Wattsekunden und einer Wattsekunde, die Dauer des Laserimpulses zwischen 5 und 50 Nanosekunden. Wird ein derartiger Laserimpuls in einem Brennpunkt von wenigen Mikrometer Durchmesser fokussiert, so erfolgt ein sogenannter optischer Durchschlag; d. h. das Gas wird in dem Bereich des Brennpunktes ionisiert und es entsteht ein kleiner Plasmaball. In einem Kraftstoff-Luftgemisch leitet dieser Durchschlag dann die Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches ein. Zum Betrieb einer Brennkraftmaschine wird der Laserimpuls jeweils zum Ende des Ansaugtaktes bevorzugt kurz vor oder im oberen Totpunkt der Kolbenbewegung erzeugt.

Der besondere Vorteil dieses Merkmals der Erfindung liegt darin, daß durch die optische Strahlführung der Focus an jede gewünschte Stelle des Brennraums gelegt werden kann, ohne daß metallische Elektroden in den Brennraum hineinragen, wie bei einer konventionellen Zündkerze. Weiterhin ist es leicht möglich, mehrere

Strahlen in den Brennraum zu fokussieren, so daß die Verbrennung im Zylinder gleichmäßig und vollständig verläuft. Die Zuführung des Strahls kann über Lichtleiter erfolgen, so daß die Laserapparatur nicht unmittelbar am Zylinderkopf angebracht sein muß.

Grundsätzlich sind alle Lasergeräte für die optische Zündung des Kraftstoff-Luftgemisches geeignet, die 5 Laserimpulse im obengenannten Energiebereich von etwa 0,1 Wattsekunden bis zu einer Wattsekunde und einer Zeitdauer von etwa 5 bis 50 Nanosekunden erzeugen. Bei dem heutigen Stand der Lasertechnik sind insbesondere Festkörperlaser mit Neodymatomen in einem Wirtsmaterial (zum Beispiel Yttrium-Aluminium Granat – 10 YAG –, oder Glas oder Yttrium-Lithium-Fluorid – YLF –) geeignet, wobei diese Laser bevorzugt mit einem Diodenlaser, der im nahen infraroten Spektralbereich um 800 Nanometer Wellenlänge strahlt, optisch gepumpt werden. Solche Systeme erreichen Wirkungsgrade in der Umwandlung von elektrischer Energie in optische 15 Energie von über 10%, so daß sich beispielsweise für eine Viertakt-Verbrennungskraftmaschine bei 3600 Umdrehungen je Minute die folgende Energiebilanz für die Zündanlage eines Zylinders ergibt:

Zündenergie je Zündung	0,3 Wattsekunden (Ws)
Drehzahl	3600 Umdrehungen/Minute
Anzahl der Zündungen je Minute	1800 Zündungen/Minute
Anzahl der Zündungen je Sekunde	30 Zündungen/Sekunde
Mittlere optische Leistung des Lasers	0,3 Ws × 30/s = 9 Watt
Wirkungsgrad	10 Prozent
erforderliche elektrische Leistung	90 Watt

Weitere Ausführungsformen und Vorteile der Erfindung ergeben sich durch die in den Ansprüchen ferner aufgeführten Merkmale sowie durch die nachstehend angegebenen Ausführungsbeispiele. Die Merkmale der 20 Ansprüche können in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden, insoweit sie sich nicht offensichtlich gegenseitig ausschließen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

30 Die Erfindung sowie vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen derselben werden im folgenden anhand der in der Zeichnung dargestellten Beispiele näher beschrieben und erläutert. Die der Beschreibung und der Zeichnung zu entnehmenden Merkmale können einzeln für sich oder zu mehreren in beliebiger Kombination erfindungsgemäß angewandt werden. Es zeigen:

35 Fig. 1 bis 3 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit unterschiedlicher Zuführung der Käfigmoleküle,

Fig. 4 schematische Darstellung einer Lichtbogeneinrichtung mit Bereichsweise in eine Verbrennungskammer umgelenkten Lichtbögen und

Fig. 5 und 6 schematische Darstellung zweier Umlenkungsvarianten des Lichtbogens.

#### Wege zum Ausführen der Erfindung

Einer schematisch dargestellten Brennkraftmaschine 10 wird über Ansaugleitungen 12 ein Kraftstoff-/Luftgemisch zugeführt, das innerhalb der Brennkraftmaschinen jeweils in einem nicht näher dargestellten Verbrennungsraum gezündet wird, und dadurch einen innerhalb eines Zylinders verschiebbar vorhandenen Kolben nach unten verschiebt, wobei die Verschiebung des Kolbens über eine nicht dargestellte Kurbelwelle in eine Drehbewegung umgesetzt wird. Das entstehende Abgas wird über Abgasleitungen 14 aus dem Verbrennungsraum heraus abgeführt.

Den Ansaugleitungen 12 wird über eine schematisch dargestellte Gemischaufbereitungsvorrichtung (Vergaser) 16 ein Kraftstoff-/Luftgemisch zugeführt. In der Sammelabgasleitung 14.1 ist eine Katalysatoreinrichtung 18 angeordnet, die eine Reduzierung der in dem Abgas vorhandenen Schadstoffe bewirkt. Vor und nach der Katalysatoreinrichtung 18 ist eine Meßleitung 20.1, 20.2 vorhanden, die Meßsignale hinsichtlich der Abgaszusammensetzung zu einer schematisch dargestellten Regelungseinrichtung 22 leitet. In Abhängigkeit der empfangenen Signale regelt die Regelungseinrichtung 22 die Kraftstoffaufbereitung in dem Vergaser 16 über die Leitung 24, durch entsprechende Ansteuerung verschiedener Stellgrößen.

55 Die Zuführung von Kraftstoff bzw. Luft zu dem Vergaser 16 ist in den Fig. 1 bis 3 nicht dargestellt.

Die Aufbereitung und Zuführung des Kraftstoff-/Luftgemisches kann auch alternativ über die Ansaugleitungen 28 zylinderspezifisch erfolgen. Im vorliegenden Fall sind vier Zylinder, d. h. vier Verbrennungsräume, vorhanden.

60 Die Regelungseinrichtung 22 gibt ihre Werte auch an eine Käfigmolekül-Zugabeeinrichtung 30 über eine Leitung 32 ab, die gemäß Fig. 1 zylinderspezifisch über die Leitungen 32 Käfigmoleküle den jeweiligen Verbrennungsräumen zuführt. Der Käfigmolekül-Zugabeeinrichtung 30 werden darüberhinaus über eine schematisch dargestellte Leitung 34 Signale zugeführt, die die Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine 10 charakterisieren. Diese Kenngrößen werden ausgewertet und davon abhängig wird die Zugabezeit, die Zugabemenge bzw. das Zugabevolumen der Käfigmoleküle bestimmt. Dies erfolgt im vorliegenden Fall zylinderspezifisch.

65 Die in den Fig. 2 und 3 dargestellte Brennkraftmaschine 10 unterscheidet sich im wesentlichen in der Leitungsführung betreffend die Käfigmolekül-Zugabeeinrichtung 30. Gleiche Bauteile tragen das gleiche Bezugszeichen und werden nicht nochmals erläutert.

Gemäß Fig. 2 gibt die Regelungseinrichtung 22 ein Signal über die Steuerleitung 32 an die Käfigmolekül-Zu-

gabeinrichtung 30 ab, welche über eine Leitung 38 die Käfigmoleküle an die Gemischaufbereitungsanlage 16 in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennstoffmaschine 10 abgibt.

Über die Meßleitung 34.1 wird ebenfalls die Regelungseinrichtung 22 mit entsprechenden Signalen für die Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine beaufschlagt.

Die in Fig. 3 dargestellte Brennkraftmaschine 10 ähnelt der in Fig. 1 dargestellten. Im Unterschied zu der Brennkraftmaschine 10 gemäß Fig. 1 werden jedoch hier die Käfigmoleküle aber die Käfigmolekül-Zuführuneinrichtung 30 nicht direkt in den Verbrennungsraum zugegeben, sondern in spezielle Vorkammern 40, in denen eine intensive Vermischung bzw. Verwirbelung mit dem zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisch erfolgt. Erst danach gelangt das mit den Käfigmolekülen vermischt Kraftstoff-/Luftgemisch in den eigentlichen Verbrennungsraum.

In Fig. 4 ist schematisch der obere Bereich eines Zylinders 50 einer Brennkraftmaschine dargestellt, in dem ein Kolben 52 verschiebbar gelagert ist. Der Innenbereich zwischen Zylinderwandung und Kolbenoberseite bildet den Verbrennungsraum 54. Im oberen Scheitelbereich des Verbrennungsraumes 54 ist eine Öffnung 56 vorhanden, an die ein Rohrabschnitt 58 anschließt. Der Rohrabschnitt 58 mündet in einen rechtwinklig dazu angeordneten Rohrbereich 60, an dessen stirnseitigen Enden jeweils eine Elektrode 62 vorhanden ist. Die Elektroden 62 werden über ein RC-Glied angesteuert. Die Spannungsversorgung ist nicht explizit dargestellt. Gleichzeitig ist eine Schalteinheit 68 vorhanden, die in einer vorgebbaren Taktfolge öffnet und schließt, wobei in geschlossenem Zustand infolge der Entladung des Kondensators C zwischen den Elektroden 62 ein Lichtbogen 64 entsteht. Bedingt durch den angeformten Rohrabschnitt 58 im mittleren Bereich des Rohrbereiches 60 entstehen Turbulenzen bzw. Ablenkkräfte, die bewirken, daß der Lichtbogen 64 in diesem Bereich abgelenkt wird und nach unten durch den Rohrabschnitt 48 hindurch in den Verbrennungsraum 54 ausschlägt, wobei er ein mehr oder minder flammenförmiges Aussehen einnimmt. Durch das Ausbilden dieses flammenförmigen Bereiches 66 wird die Verbrennung in dem Verbrennungsraum 54 infolge der vergrößerten Lichtbogenoberfläche begünstigt, was sich hinsichtlich des Kraftstoffverbrauches und der entstehenden Schadstoffe günstig auswirkt.

In Fig. 5 ist eine weitere Variante der Lichtbogenführung dargestellt. Hier wird der zwischen den Elektroden 62 erzeugte Lichtbogen 70 von vornherein bogenförmig geführt, wobei der öffnende Rohrabschnitt 72 im Bereich des Scheitels des Lichtbogens 70 vorhanden ist und der Lichtbogen durch das Magnetfeld seines eigenen Stromes in die gewünschte Richtung zum Verbrennungsraum bewegt wird.

In Fig. 6 ist schematisch dargestellt, daß die Umlenkung des zwischen den Elektroden 62 erzeugten Lichtbogens 64 auch durch eine Magnetkraft M erzeugt werden kann.

Das erfundengemäße Verfahren gewährleistet einen geringen Kraftstoffverbrauch und gleichzeitig die Einhaltung reduzierter Schadstoffwerte im Abgas. Das erfundengemäße Verfahren ist nicht auf die Zugabe von Käfigmolekülen beschränkt. Vielmehr kann das erfundengemäße Verfahren überall dort eingesetzt werden, in dem verbrennungsfördernde und/oder abgasmindernde Additive in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine zugeführt werden.

Darüberhinaus kann eine ausreichende Leistung in jedem Teillastbereich aufrechterhalten werden.

In Fig. 7 ist schematisch eine optische Laserzündanlage mit einem Lichtleiter und einer Fokussieroptik für einen Zylinder einer Brennkraftmaschine dargestellt. Das Lasengerät 80 besteht aus einem Nd:YAG-Laser 82 mit einem optischen Schalter 84 zur Erzeugung der Riesenimpulse von 5 bis 50 Nanosekunden Dauer, einem Diodenlaser 86 zum optischen Pumpen des Nd:YAG-Lasers und einer Stromversorgungs- und Steuereinheit 88, die über die elektrischen Leitungen 90, 92 mit dem Diodenlaser 86 und mit dem optischen Schalter 84 verbunden sind. Die Steuereinheit ist in die konventionelle Motorsteuerung eingebunden, um den Zündzeitpunkt und gegebenenfalls auch die Zündenergie vorzugeben, was hier nicht dargestellt ist. Der Diodenlaser pumpt den Nd:YAG-Laser im Dauerstrich oder gepulst mit Pulsdauern, die hundert- bis zehntausendmal länger sein können als die optischen Laserimpulse.

Der Brennraum der Brennkraftmaschine ist über eine Fokussiereinrichtung 96 und einen Lichtleiter 94 mit dem Lasengerät verbunden. Die Fokussiereinrichtung 96 kann wie eine herkömmliche Zündkerze in das Zylindergehäuse 50 eingeschraubt werden. Sie enthält außerdem eine Optik zum Anpassen der Fokussierlinse 98 an den Lichtleiter. Zusätzlich ist eine Blende 102 erforderlich, um Verschmutzungen der Optik zu verhindern. Die Fokussierlinse fokussiert den Laserstrahl 104 in den Brennpunkt 106, in dem das Zündplasma entsteht. Durch die hierdurch eingeleitete Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches wird der Kolben 52 abwärts bewegt und kann hierdurch mechanische Arbeit an die – hier nicht weiter dargestellte – Kurbelwelle der Brennkraftmaschine abgeben.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem angesaugte Luft zumindest einem Verbrennungsraum zugeführt wird,

die angesaugte Luft mit Kraftstoff zur Bildung eines Kraftstoff-/Luftgemisches vermischt wird, die Antriebsenergie für das Betreiben der Brennkraftmaschine durch Verbrennen des Kraftstoff-/Luftgemisches in dem Verbrennungsraum mit einer vorgebbaren Taktfrequenz erzeugt wird,

das durch die Verbrennung gebildete Abgas ausgestoßen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der angesaugten Luft und/oder dem Kraftstoff-/Luftgemisch und/oder dem

Abgas offene oder geschlossene Käfigmoleküle, bevorzugt Fullerene, Fullerenderivate, Fullerite, Heterofulleren, Heterofullerenderivate, Fullerenfragment- und/oder Heterofullerenfragmentderivate zugeführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführung der Käfigmoleküle in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine, insbesondere Temperatur, Drehzahl, Drosselklappenstellung und/oder den Signalen einer im Abgasstrom vorhandenen Katalysatoreinrichtung, bevorzugt mit einer Lambda-Sonde, steuerbar/regelbar ist.

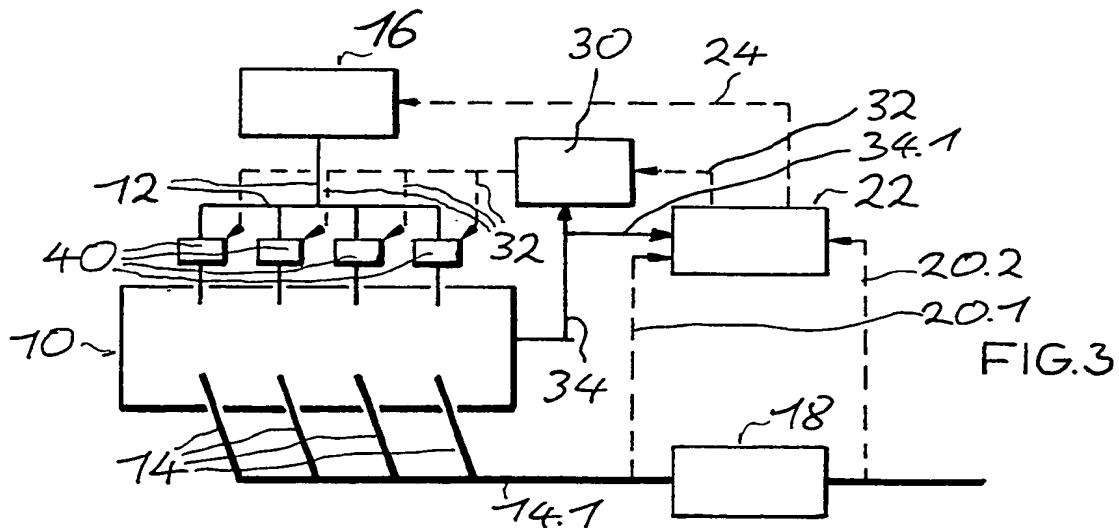
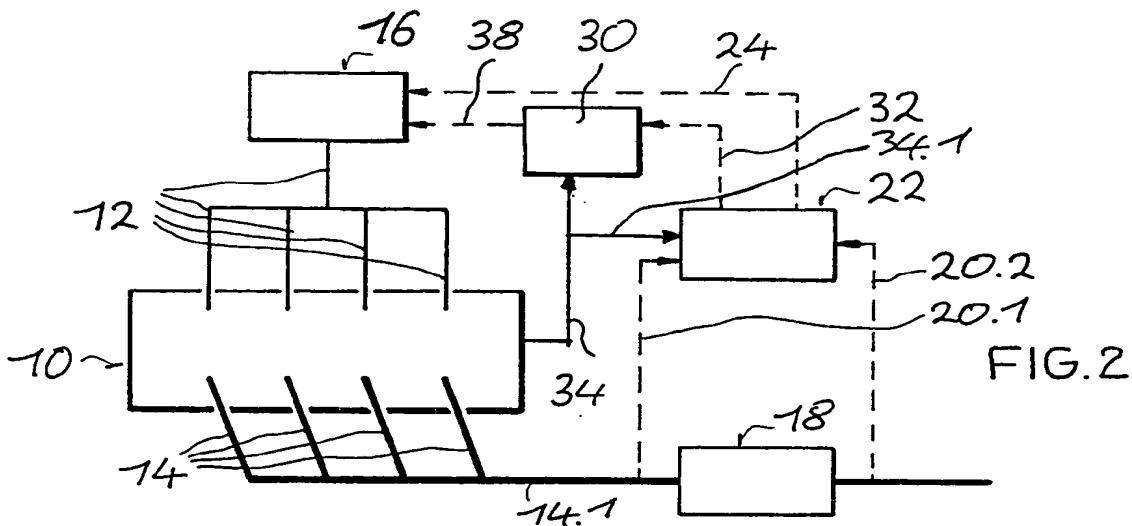
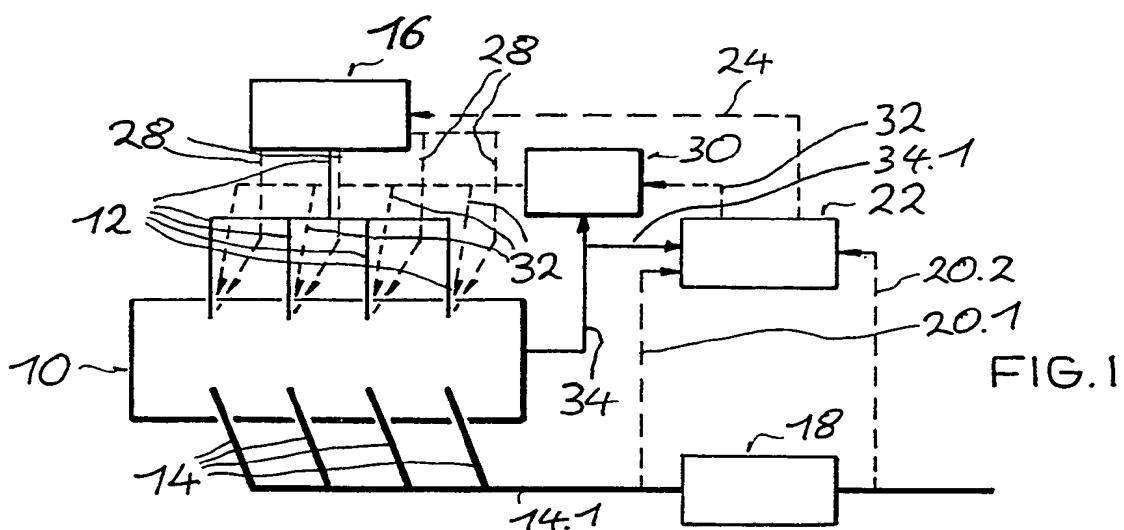
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der zugeführten Käfigmoleküle und/oder des zugeführten Kraftstoff-/Luftgemisches und/oder der angesaugten Luft in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine steuerbar ist.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle direkt dem zumindest einen Verbrennungsraum zugeführt werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle indirekt, d. h. bevorzugt über eine vorgeschaltete Vorkammer, dem zumindest einen Verbrennungsraum zugeführt werden.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle in festem oder gasförmigem Zustand oder in einem Lösungsmittel in gelöster Form zugegeben werden.
15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle in Form eines Aerosols oder einer Suspension zugegebene werden.
20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß den Käfigmolekülen bekannte Kraftstoffadditive zugefügt sind, deren Anbindung an das Käfigmolekül bevorzugt durch Anlagerung und/oder Dotierung und/oder Einlagerung und/oder Beimischung gegeben ist oder auf chemischem Weg erfolgt.
25. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Additive zumindest durch Bleialkyle, bevorzugt Tetraäthylenblei (TEL) und/oder Tetramethylblei (TML) insbesondere in Vermischung mit organischen Halogeniden, und/oder aromatische Amine und/oder sauerstoffhaltige Verbindungen, insbesondere Methanol, Äthan, Isopropylalkohol, Äther oder Ketone, oder Methyl-tert-butyläther (2-Methyl-2-methoxypropan) gebildet werden.
30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Additive zumindest durch organische Phosphor- oder Bor-Verbindungen gebildet werden.
35. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Additive zumindest durch Schmierölkomponenten gebildet werden.
40. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Additive O- und/oder OH-Radikale bilden oder abspalten.
45. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle zusammen mit einem oder mehreren der genannten Additive zumindest während eines Verbrennungstaktes zeitgesteuert in einer vorgebbaren, variablen Gewichts- oder Volumenmenge zuführbar sind.
50. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Käfigmoleküle zusammen mit einem oder mehreren der genannten Additive dem Zündbereich innerhalb des Verbrennungsraumes zugeführt werden.
55. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die angesaugte Luft und/oder die Käfigmoleküle vor und/oder während ihrer Zuführung und/oder das Abgas einer Koronaentladung ausgesetzt wird.
60. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, mit zumindest einer im Abgasstrom der Brennkraftmaschine vorhandenen Katalysatoreinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Abgas ausgesetzte Oberfläche der Katalysatoreinrichtung zumindest bereichsweise mit Käfigmolekülen versehen ist, die in der Lage sind, die Abgaskomponenten Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe, Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und/oder Rußpartikel zu binden und/oder zu spalten und/oder zu oxidieren, vorzugsweise in Gegenwart eines Katalysatormaterials.
65. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ionenmessung im Verbrennungsraum und/oder vor und/oder nach der Katalysatoreinrichtung im Abgasstrom vorgenommen wird, deren Meßergebnisse zur Regelung der Zusammensetzung des Kraftstoff-/Luftgemisches eingesetzt werden.
70. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sensormessung, bevorzugt zylinderspezifisch hinsichtlich der Abgaskomponenten gemäß Anspruch 17 durchgeführt wird, deren Ausgangssignale die Zuführung der Käfigmoleküle beeinflussen.
75. Verfahren, insbesondere nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein taktweiser Lichtbogen außerhalb des zumindest einen Verbrennungsraumes erzeugt wird, der bereichsweise im wesentlichen quer zu seiner Längsrichtung durch eine Öffnung in den Verbrennungsraum umgelenkt wird, wodurch im Verbrennungsraum ein flammenartiger Lichtbogen bereichsweise entsteht.
80. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Umlenkung durch magnetische Kräfte erfolgt.
85. Verfahren, insbesondere nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einsatz einer üblichen Zündeinrichtung verzichtet wird und zumindest einem Verbrennungsraum taktweise ein chemisches Zündungsmittel zugeführt wird, dessen Zugabemenge/Volumen/Zeit bevorzugt in Abhängigkeit der Betriebskennwerte der Brennkraftmaschine erfolgt.
90. Verfahren nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Einsatz einer üblichen Zündeinrichtung verzichtet wird und zumindest einem Verbrennungsraum taktweise ein Laserimpuls zugeführt wird, dessen Spitzenleistung einen optischen Durchschlag erzeugt und die Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches einleitet.

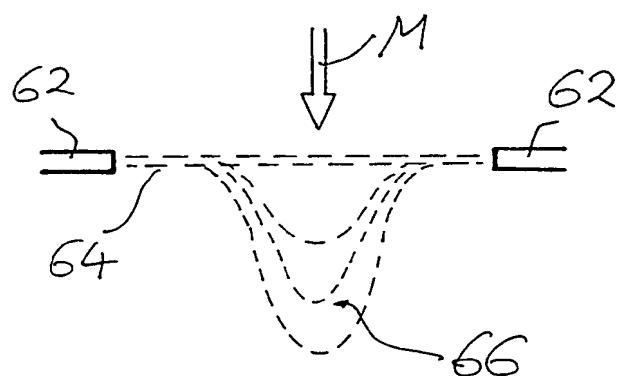
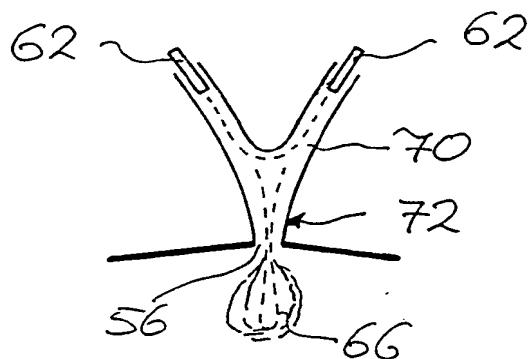
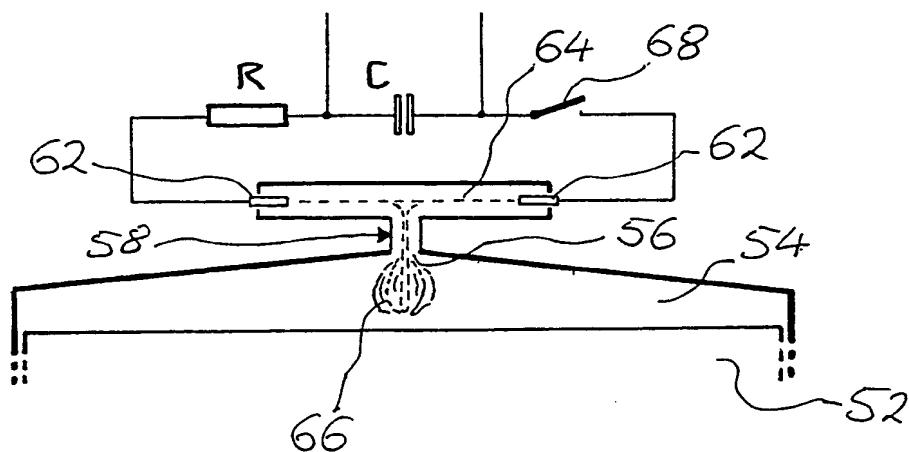
---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

**- Leerseite -**





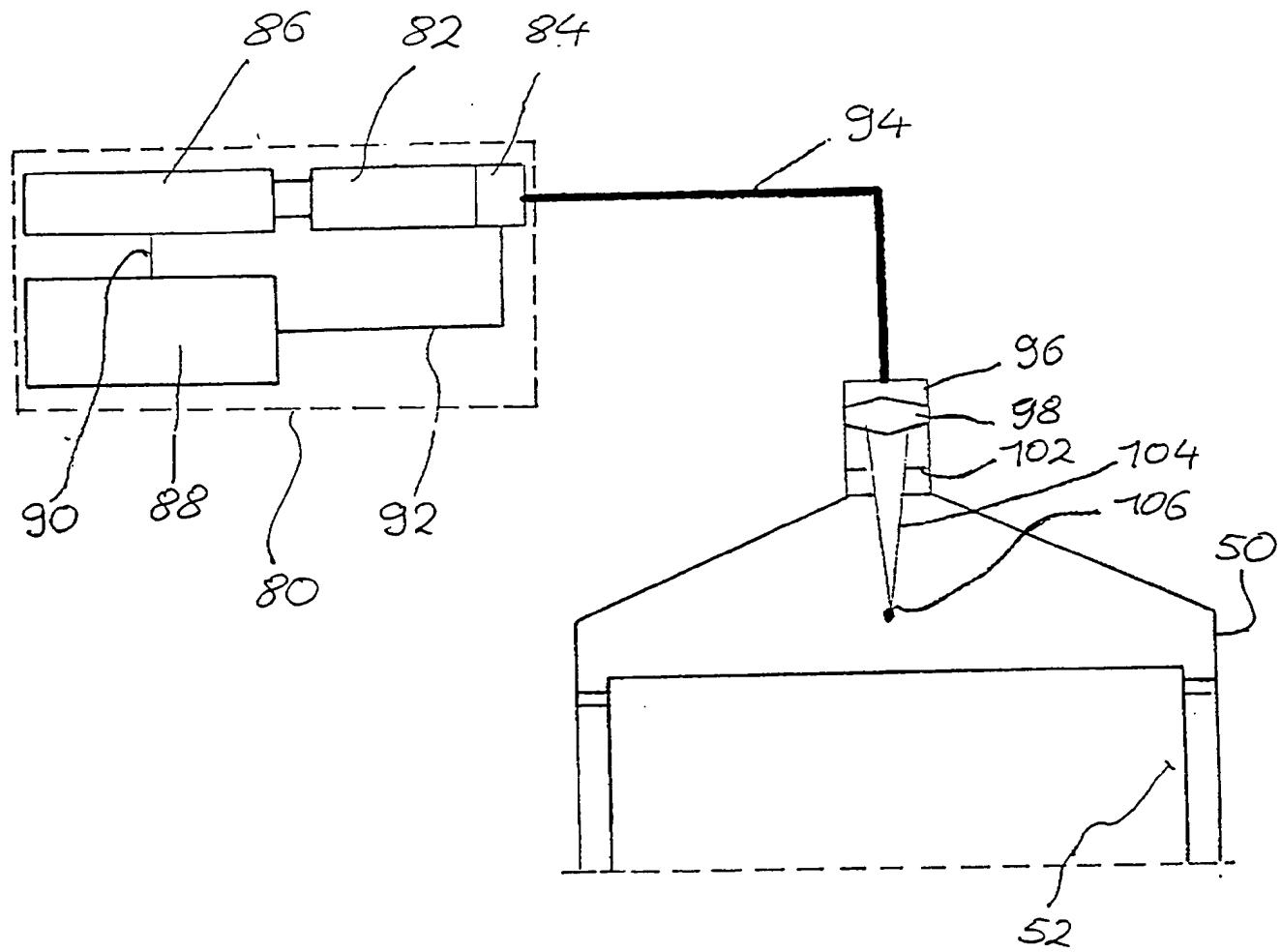


Fig. 7